

(12) NACH DEM VERTILBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Juni 2004 (24.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/053316 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/20, 41/24

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOUCHAIN, Jerome [BE/BE]; 22 rue Naimette, B-4000 Liege (BE). HIRN, Rainer [DE/DE]; Strassackerweg 52, 93043 Neutraubling (DE). FRITSCH, Jürgen [DE/DE]; Gärtnerstr. 4a, 93059 Regensburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/013378

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. November 2003 (27.11.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESellschaft; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 57 686.6 10. Dezember 2002 (10.12.2002) DE

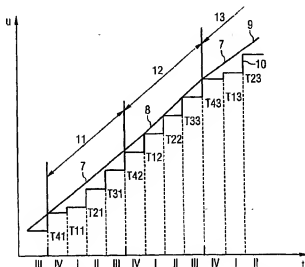
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESellschaft [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ADAPTING THE CHARACTERISTIC CURVE OF AN INJECTION VALVE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ANPASSEN DER CHARAKTERISTIK EINES EINSPRITZVENTILS



(57) Abstract: The invention relates to a method for adapting an injection valve characteristic curve of a controlled fuel injection valve for an internal combustion engine, said curve reflecting the reference injection behaviour, to alterations in the actual injection behaviour caused by ageing. According to said method: during an operating mode of the internal combustion engine, which does not require an injection of fuel, the injection valve is intermittently controlled in accordance with a control period, said mode alternating with a period of no fuel injection, i.e. at least one working cycle with injection-valve control follows or precedes a working cycle without injection-valve control; at least one respective RPM value of the internal combustion engine is detected for the controlled working cycle and for at least one of the working cycles without control; a differential between the detected values is calculated and said differential is used to correct the characteristic curve.

(57) Zusammenfassung: Es wird beschrieben ein Verfahren zum Anpassen einer Referenz-Einspritzverhalten wiedergebenden Einspritzventilcharakteristik eines angesteuerten Kraftstoff-Einspritzventils einer Brennkraftmaschine an altersbedingte Änderungen eines Ist-Einspritzverhaltens, wobei

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/053316 A1



MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

während eines keine Kraftstoffeinspritzung erfordernden Betriebszustandes der Brennkraftmaschine das Einspritzventil intermittierend gemäß einer Ansteuerdauer angesteuert wird, während ansonsten keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt, so dass mindestens ein Arbeitsspiel mit Ansteuerung einem Arbeitsspiel ohne Ansteuerung des Einspritzventils folgt oder vorangeht, jeweils ein Drehzahl-Wert der Brennkraftmaschine für das Arbeitsspiel mit Ansteuerung und für mindestens eines der Arbeitsspiele ohne Ansteuerung detektiert wird, eine Differenz der detektierten Werte gebildet und damit eine Korrektur der Einspritzcharakteristik vorgenommen wird.

Beschreibung

Verfahren zum Anpassen der Charakteristik eines Einspritzventils

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Anpassen einer ein Referenz-Einspritzverhalten wiedergebenden Einspritzventilcharakteristik eines angesteuerten Kraftstoff-Einspritzventils einer Brennkraftmaschine an alterungsbedingte Änderungen oder fertigungsbedingte Streuungen eines Ist-Einspritzverhaltens.

10

15

20

25

Zur Kraftstoffzuteilung werden bei Brennkraftmaschinen Einspritzventile so gesteuert, dass zu jedem Betriebspunkt eine optimale Kraftstoffmenge in die Brennräume gelangt. Beispielsweise wird bei mit Kraftstoffdirekteinspritzung betriebenen Diesel-Brennkraftmaschinen unter hohem Druck stehender Kraftstoff aus einem Kraftstoffspeicher in die Brennräume eingespritzt. Die Zumessung der in dem Brennraum eingeführten Kraftstoffmenge geschieht durch geeignete Ansteuerung der Einspritzventile, die auch als Injektoren bezeichnet werden. Die Zumessung erfolgt dabei in der Regel zeitgesteuert, indem das Einspritzventil für eine genau festgelegte Zeit geöffnet und anschließend wieder geschlossen wird. Ein Steuergerät der Brennkraftmaschine gibt einen Öffnungszeitpunkt und eine Öffnungsdauer des Einspritzventils vor. Dabei legt man z.B. an ein elektrisch betätigtes Einspritzventil ein Steuersignal an, das eine Ansteuerdauer vorgibt.

30

35

Das Steuergerät kann eine Zuordnung zwischen der Ansteuerdauer und der zugemessenen Kraftstoffmasse vornehmen; zu diesem Zweck ist im Steuergerät eine Einspritzventilcharakteristik hinterlegt, die eine Beziehung zwischen der eingespritzten Kraftstoffmenge und der Ansteuerdauer des Einspritzventils herstellt, wobei auch weitere Bedingungen, wie beispielsweise Kraftstoffdruck oder -temperatur berücksichtigt werden.

Die Einspritzventilcharakteristik geht von einem Standardeinspritzventil aus, das gewissen Spezifikationen entspricht.

Nachdem sich das Einspritzverhalten eines jeden Einspritzventils aber prinzipiell immer leicht unterscheidet, ergeben

- 5 sich bei fester Ansteuerdauer von Einspritzventil zu Einspritzventil gewisse Unterschiede hinsichtlich der abgegebenen Kraftstoffmenge. Dies führt zu unrundem Lauf der Brennkraftmaschine und vor allem zu schlechteren Abgaswerten. Um dennoch strenge Abgasnormen einhalten zu können, ist es erforderlich, die zulässigen Toleranzen bei den Einspritzventilen so gering wie möglich zu halten, was sehr kostenaufwendig ist.

Aber selbst dann können alterungsbedingte Verschleißerscheinungen des Einspritzventils dazu führen, dass Abweichungen

- 15 zwischen dem Ist-Einspritzverhalten und dem Referenz-Einspritzverhalten, wie es in der Einspritzventilcharakteristik niedergelegt ist, auftreten. Um solche Abweichungen auszugleichen, wäre es prinzipiell denkbar, die gespeicherte
20 Einspritzventilcharakteristik über die Lebensdauer der Brennkraftmaschine gesteuert in Richtung eines Referenz-Einspritzverhaltens für ein gealtertes Referenz-Einspritzventil zu verändern. Eine solche rein gesteuerte und damit sehr unspezifische Veränderung könnte jedoch die individuellen Eigenschaften eines Einspritzventils nicht berücksichtigen. Darüber hinaus treten erhebliche Probleme auf,
25 falls ein Einspritzventil während der Lebensdauer einer Brennkraftmaschine ausgetauscht wird.

- 30 Alternativ wäre es denkbar, einen zusätzlichen Klopfsensor vorzusehen, mit dem das Verbrennungsgeräusch der Brennkraftmaschine überwacht wird. Damit wäre es möglich, die zum Einsetzen eines Verbrennungsgeräusches erforderliche Ansteuerzeit zu ermitteln. Allerdings kann dann lediglich eine minimale Ansteuerzeit ermittelt werden, bei der das Einspritzventil anfängt, eine Kraftstoffmasse stabil abzugeben. Im übrigen ist dieses Vorgehen relativ unpräzise. Darüber hinaus ist

es sehr teuer, denn es muss ein zusätzlicher Sensor samt entsprechender Signalerfassungsschaltung vorgesehen werden.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren
5 zum Anpassen einer ein Referenz-Einspritzverhalten wiedergebenden Einspritzventilcharakteristik eines angesteuerten Kraftstoff-Einspritzventils einer Brennkraftmaschine an alterationsbedingte Änderungen eines Ist-Einspritzverhaltens anzugeben, das es ermöglicht, für jedes Einspritzventil eine
10 individuelle Anpassung vorzunehmen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Anpassen einer ein Referenz-Einspritzverhalten wiedergebenden Einspritzventilcharakteristik eines angesteuerten
15 Kraftstoff-Einspritzventils einer Brennkraftmaschine an alterationsbedingte Änderungen eines Ist-Einspritzverhaltens, wobei während eines Betriebszustandes der Brennkraftmaschine das Einspritzventil intermittierend gemäß einer Ansteuerdauer angesteuert wird,
20 während ansonsten keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt, so dass mindestens ein Arbeitsspiel mit Ansteuerung mindestens einem Arbeitsspiel ohne Ansteuerung des Einspritzventils folgt oder vorangeht, jeweils ein Drehzahl-Wert oder ein Wert einer drehzahlabhängigen Größe der Brennkraftmaschine für das
25 Arbeitsspiel mit Ansteuerung und für mindestens eines der Arbeitsspiele ohne Ansteuerung detektiert wird und eine Differenz der detektierten Werte gebildet und damit eine Korrektur der Einspritzcharakteristik vorgenommen wird.

Erfindungsgemäß wird also während eines Betriebszustandes der Brennkraftmaschine, der eigentlich keine Kraftstoffeinspritzung erforderte, das Einspritzventil intermittierend gemäß
30 einer Ansteuerdauer angesteuert. Damit wechselt ein Arbeitsspiel mit Ansteuerung des Einspritzventils mit einem Arbeitsspiel ab, bei dem das Einspritzventil nicht angesteuert wird,
35 d.h. die Brennkraftmaschine gänzlich ohne Kraftstoffeinspritzung läuft. Dadurch wird ein Ein- und Ausschalten des Ein-

spritzventils, dessen Einspritzverhalten adaptiert werden soll, verursacht. Durch den erfindungsgemäß dann vorgenommenen Vergleich des Drehzahl-Wertes bzw. des drehzahlabhängigen Wertes wird eine Korrektur der Einspritzcharakteristik bewirkt. Die diesbezüglich ausgewertete Drehzahlinformation, entweder die Drehzahl direkt oder eine drehzahlabhängige Größe, ändert sich, wenn eine ein Drehmoment erzeugende Einspritzung auftritt. Die Änderung ist dabei abhängig von der eingespritzten Kraftstoffmasse, so dass nicht nur das Einsetzen einer Einspritzung oberhalb einer gewissen Mindestansteuerdauer, sondern auch die gesamte Einspritzcharakteristik, d.h. die Abhängigkeit der vom Einspritzventil abgegebenen Kraftstoffmasse von der Ansteuerdauer, korrigiert werden kann.

Um die gesamte Einspritzcharakteristik des Einspritzventiles an das Ist-Einspritzverhalten anzupassen, muss natürlich eine Einspritzung über einen möglichst weiten Bereich von Ansteuerdauern und sonstigen Einspritzparametern, wie z.B. Kraftstoffdrücken, vorgenommen werden. Es ist deshalb bevorzugt, dass die Ansteuerdauer schrittweise erhöht wird, wobei die Schrittweite von der gewünschten Genauigkeit der Korrektur der Einspritzventilcharakteristik abhängt. Prinzipiell sind z.B. zwei Schritte ausreichend, mit denen eine Überprüfung bei einer minimalen und einer maximalen Ansteuerdauer vorgenommen wird.

Die vom Einspritzventil abgegebene Kraftstoffmasse führt dazu, dass die Brennkraftmaschine ein Drehmoment abgibt. Dieses Drehmoment zeigt sich natürlich in der Drehzahlinformation. Zweckmäßigerweise wird man aber die Drehzahlinformation nicht direkt auswerten, sondern zuvor einen Drehmomentwert für ein Drehmoment berechnen, das durch die Ansteuerung des Einspritzventils mit der Ansteuerdauer bewirkt wurde. Die Berechnung dieses Drehmomentwertes hat den Vorteil, dass dann mittels einer einfachen Umsetzung der letztendlich gesuchte Wert für die Kraftstoffmasse erhalten werden kann. Die ent-

sprechenden Beziehungen dafür sind in aller Regel im Steuergerät der Brennkraftmaschine hinterlegt, da moderne Steuergeräte üblicherweise eine sogenannte Drehmomentenbasierte Steuerung ausführen, bei der ein Wunschkrehmoment ermittelt und
5 daraus eine Kraftstoffmasse abgeleitet wird. Wenn also, wie in der bevorzugten Ausführungsform, ein Drehmomentwert bestimmt wird, muss die in der drehmomentbasierten Steuerung ohnehin verwendete Umsetzung lediglich in umgekehrter Richtung durchlaufen werden.

10 Die Bestimmung des Drehmomentwertes kann durch eine geeignete Auswertung des Drehzahlgradienten erfolgen. Läuft eine Brennkraftmaschine unter Schubabschaltung, wird in der Regel die Drehzahl abfallen. Es zeigt sich ein Drehzahlgradient der für
15 Arbeitsspiele, in denen das Einspritzventil, dessen Einspritzventilcharakteristik adaptiert werden soll, angesteuert wird, anders ausfällt, als für Arbeitsspiele, in denen überhaupt keine Einspritzventilbetätigung erfolgt. Eine Analyse des Drehzahlgradienten ermöglicht es somit auf einfache Weise
20 den erwähnten Drehmomentwert zu generieren.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird deshalb der Drehmomentwert nach folgender Formel berechnet:

25
$$D = (\pi/F1) \cdot M \cdot (dN+ - dN-) + dJ,$$

wobei F1 einen von einer Zylinderanzahl abhängigen Faktor, D den Drehmomentwert, M das Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine, dN+ einen Drehzahlgradienten des Arbeitsspiels mit
30 Ansteuerung des Einspritzventils, dN- einen Drehzahlgradienten eines der Arbeitsspiele ohne Ansteuerung des Einspritzventils und dJ ein Faktor für ein durch innere Reibung der Brennkraftmaschine bedingtes Bremsmoment bezeichnet, das drehzahlabhängig sein kann.

35 Die Differenz des Drehzahlgradienten des Arbeitsspiels mit Ansteuerung des Einspritzventils und eines der Arbeitsspiele

ohne Ansteuerung des Einspritzventils ist also eine taugliche Größe für die Berechnung des Drehmoments in einer bevorzugten Ausführungsform. Die Gleichung ist auf Brennkraftmaschinen mit beliebiger Zylinderanzahl anwendbar. Je nach Zylinderzahl wird ein anderer Vorfaktor F auftreten. Bei vier Zylindern gilt $F_1=30$.

Das Trägheitsmoment M der Brennkraftmaschine ist durch die Schwungmasse von Kolben, Kurbelwelle, Nockenwelle und eventuellen Schwungmassen beeinflusst und stellt eine für eine Brennkraftmaschine festliegende unveränderliche Größe dar.

Das Bremsmoment der Brennkraftmaschine ist durch innere Reibung bedingt und in der Regel ebenfalls eine weitgehend konstante Größe, die wie das Trägheitsmoment einfach auf einem Prüfstand bestimmt werden kann. Um den durch den Drehzahlgradienten bewirkten Effekt so groß wie möglich zu machen, ist es vorteilhaft, das Bremsmoment zu minimieren. Dazu kann beispielsweise ein von der Brennkraftmaschine angetriebener Antriebsstrang für das Verfahren zum Anpassen der Einspritzventilcharakteristik abgekoppelt werden, beispielsweise durch Betätigung einer entsprechenden Kupplung.

Weiter kann, um das Signal/Rauschverhältnis zu verbessern, das erfindungsgemäße Verfahren, d.h. die intermittierende Ansteuerung des Einspritzventils und die Ansteuerung der Drehzahlinformation, bei unveränderter Ansteuerdauer mehrfach durchgeführt werden.

Bei Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen wird üblicherweise ein von der Brennkraftmaschine angetriebenes mit einer Teilungsstruktur versehenes Segmentrad abgetastet und die Drehzahlinformation in Form von Segmentzeiten, die der Durchlauf eines bestimmten Segmentes des Segmentrades dauert, erfasst. In der Regel ist dabei ein Segment dem Arbeitstakt eines Zylinders der Mehrzylinder-Brennkraftmaschine zugeordnet. Bei einer derartigen Drehzahlerfassung kann die Differenz zwischen den

Segmentzeiten für einen Zylinder ohne und mit Ansteuerung des Einspritzventils besonders einfach ermittelt und zur Anpassung der Einspritzventilcharakteristik verwendet werden.

5 Diesbezüglich ist deshalb ein Verfahren bevorzugt, bei dem ein von der Brennkraftmaschine angetriebenes Segmentrad abgetastet und ein erstes Arbeitsspiel ohne Ansteuerung des Einspritzventils eines bestimmten Zylinders, danach ein zweites Arbeitsspiel mit Ansteuerung des Einspritzventils des bestimmten Zylinders und dann ein drittes Arbeitsspiel ohne Ansteuerung des Einspritzventils eines bestimmten Zylinders ausgeführt werden, wobei mindestens im ersten, zweiten und dritten Arbeitsspiel für den bestimmten Zylinder eine Segmentzeit bestimmt wird, die der Durchlauf eines Segmentes des Segmentrades während des Arbeitstaktes des Zylinders dauert, und wobei das Drehmoment nach folgender Gleichung berechnet wird:

$$D = F2 \cdot \pi \cdot M \left((Tx3 - Tx2)/(ST-)^3 \right) - (Tx2 - Tx1)/(ST+)^3 + dJ,$$

20 wobei F2 einen von der Zylinderzahl abhängigen Faktor, D den Drehmomentwert, M das Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine, dJ einen Faktor für ein durch innere Reibung der Brennkraftmaschine bedingtes Bremsmoment, Tx1 die Segmentzeit für den bestimmten Zylinder im ersten Arbeitsspiel, Tx2 die Segmentzeit für den bestimmten Zylinder im zweiten Arbeitsspiel, Tx3 die Segmentzeit für den Zylinder im dritten Arbeitsspiel, ST- die mittlere Gesamtdauer des Durchlaufs aller Segmente während eines Arbeitsspiels ohne Ansteuerung des Einspritzventils und ST+ die mittlere Gesamtdauer des Durchlaufs aller Segmente während eines der Arbeitsspiele mit Ansteuerung des Einspritzventils bezeichnet.

35 In dieser Ausführungsform wird üblicherweise die mittlere Gesamtdauer des Durchlaufs aller Segmente für das Arbeitsspiel verwendet, in dem auch die im Nenner der Gleichung angegeben

nen Segmentzeiten gewonnen wurden. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich, je nach Drehzahlerfassung können auch andere Gesamtdauern, beispielsweise aus weiter zurückliegenden Arbeitsspielen herangezogen werden.

5

Über obige Gleichung hinausgehend können auch höhere Abteilungsordnungen der Segmentzeiten in Form von Differenzquotienten berechnet und ausgewertet werden, um die Genauigkeit der hier dargestellten Drehmoment- bzw. Einspritzmengenbestimmung zu erhöhen. Zusätzlich ist es möglich, mit Hilfe signalanalytischer Methoden den Gesamtverlauf des Drehzahlabfalls über eine größere Anzahl von Arbeitsspielen mit und ohne Einspritzen auszuwerten, um auf diese Weise Störeinflüsse, wie z.B. Torsionsschwingungen des Antriebsstranges, zu identifizieren und zu eliminieren und somit die Genauigkeit der Berechnung des Drehmoments bzw. der Einspritzmenge nochmals zu steigern.

In den aufgeführten Ausbildungen zur Berechnung des Drehmomentwertes D wird ein Faktor für ein durch innere Reibung der Brennkraftmaschine bedingtes Bremsmoment verwendet. Eine besonders genaue Berücksichtigung dieses in die Gleichungen additiv eingehenden Faktors erhält man, wenn das Bremsmoment zum jeweiligen Arbeitsspiel, in dem das Einspritzventil angesteuert bzw. nicht angesteuert wurde, heranzieht. Es ist diesbezüglich deshalb ein Verfahren bevorzugt, bei dem zur Ermittlung des Faktors für das durch die innere Reibung der Brennkraftmaschine bewirkte Bremsmoment eine Differenz zwischen zwei Werten gebildet wird, wobei ein Wert einem der Arbeitsspiele der Brennkraftmaschine ohne Ansteuerung des Einspritzventils und der andere dem Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine mit Ansteuerung des Arbeitsspiels zugeordnet ist.

In den meisten Fällen liegt die Einspritzventilcharakteristik, die an das tatsächliche Einspritzverhalten eines Einspritzventils angepasst werden soll, in Form einer Verknüpfung zwischen Kraftstoffmasse und Ansteuerdauer vor. Für sol-

che Fälle ist es für die Anpassung bevorzugt, dass aus der Drehzahlinformation oder dem Drehmomentwert ein Kraftstoffmassenwert für eine vom Einspritzventil abgegebene Kraftstoffmasse abgeleitet wird und demjenigen Wert für die Ansteuerdauer zugeordnet wird, zu dem der Kraftstoffmassenwert erhalten wurde. Mittels dieser Zuordnung ist dann eine einfache Korrektur einer Einspritzventilcharakteristik möglich, die die erwähnte Abbildung zwischen Ansteuerdauer und Kraftstoffmassenwert beinhaltet.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung beispielshalber noch näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- 15 Fig. 1 ein Diagramm, in dem eine von einem Einspritzventil abgegebene Kraftstoffmasse über der Ansteuerdauer des Einspritzventils aufgetragen ist,
- 20 Fig. 2 zwei Diagramme, in denen die Drehzahl der Brennkraftmaschine bzw. die Umlaufdauer eines mit der Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine verbundenen Segmentrades als Zeitreihe aufgetragen ist, die sich bei der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt,
- 25 Fig. 3 ein detailliert dargestellter Ausschnitt der Darstellung der Fig. 2 und
- 30 Fig. 4 die von einem Einspritzventil abgegebene Kraftstoffmasse als Funktion der Ansteuerdauer des Einspritzventils zusammen mit zur Korrektur herangezogenen Messpunkten.
- 35 Fig. 1 zeigt die Einspritzventilcharakteristik eines elektrisch angesteuerten Einspritzventils einer (nicht dargestellten) Brennkraftmaschine. Dabei ist eine Kraftstoffmasse K ü-

ber einer Ansteuerdauer TI aufgetragen. Das Einspritzventil wird mittels eines entsprechenden elektrischen Ansteuersignals zum Abgeben einer Kraftstoffmasse angesteuert, d.h. das Steuergerät weist das von einem Kraftstoffdruckspeicher gespeiste Einspritzventil für die Ansteuerdauer TI zu öffnen. Bedingt durch mechanische und elektrische Gegebenheiten wird das Einspritzventil denn jedoch erst oberhalb einer gewissen minimalen Ansteuerdauer folgen, die in Fig. 1 als Startwert TI-0 dargestellt ist. Kürzere Ansteuerdauern sind nicht realisierbar. Ist der Startwert TI-0 überschritten, gibt das Einspritzventil eine Kraftstoffmasse ab, die gemäß der in Fig. 1 gezeigten Charakteristik von der Ansteuerdauer abhängt. Die gestrichelt dargestellte Charakteristik 1 der Fig. 1 ist bei einer neu ausgelieferten Brennkraftmaschine im Steuergerät der Brennkraftmaschine hinterlegt und geht von einem Referenz-Einspritzverhalten eines neuwertigen Einspritzventils aus, das bestimmte Spezifikationen erfüllt.

Zusätzlich ist in Fig. 1 durchgezogen eine exemplarische Charakteristik 2 eines gealterten Einspritzventils dargestellt. Wie zu sehen ist, liegt der Startwert TI-0, oberhalb dem eine Ansteuerdauer TI liegen muss, damit eine Kraftstoffmasse vom Einspritzventil abgegeben wird, über dem Startwert für das Referenz-Einspritzverhalten gemäß Charakteristik 1. Bedingt durch fertigungstechnische Toleranzen und/oder Veränderungen, die während der Lebensdauer des Einspritzventils aufgrund von Verschleißerscheinungen o.ä. auftreten, stellt sich eine Verschiebung dTI zwischen den Startpunkten ein. Diese Verschiebung hat zur Folge, dass eine andere Ansteuerdauer TI erforderlich ist, um bei einem Einspritzventil mit der Charakteristik 2 die gleiche Kraftstoffmasse abzugeben, wie bei einem Referenz-Einspritzventil mit der Charakteristik 1. Die Verschiebung kann ja nach Alterung/Fertigungsabweichung zu längeren oder kürzeren Ansteuerdauern hin vorliegen.

Die Abweichung von der vom Steuergerät bei der Steuerung zugrundegelegten Charakteristik 1 führt zu einem verschlechter-

ten Leistungs- und Abgasverhalten der Brennkraftmaschine. In der nachfolgend geschilderten Anpassung wird diese Abweichung behoben, indem die Referenz-Charakteristik 1 korrigiert wird, so dass sie der tatsächlichen Charakteristik 2 gleicht.

5

Die Darstellung der Fig. 1 legt nahe, dass zum Anpassen des Ist-Einspritzverhaltens gemäß Charakteristik 2 an das Referenz-Einspritzverhalten gemäß Charakteristik 1 es genügen könnte, die Verschiebung dTI zu ermitteln. Dies mag in den meisten Fällen zwar genügen, jedoch können verschleißbedingte Alterungserscheinungen am Einspritzventil auch dazu führen, dass die das Einspritzverhalten wiedergebende Charakteristik 2 nicht durch eine einfache Parallelverschiebung entlang der x-Achse aus der Charakteristik 1 des Referenz-

10

15

Einspritzverhaltens erhalten werden kann. Alterungsbedingt können sich auch weitergehende Abweichungen zwischen den Charakteristiken 1 und 2 ergeben. Dies ist beispielsweise aus dem Verlauf der Charakteristik 1 im Bereich höherer Ansteuerdauern TI deutlich; in diesem Abschnitt ist die Verschiebung zwischen der Charakteristik 1 und der Charakteristik 2 geringer als im Bereich niedrigerer Kraftstoffmassen K oder im Bereich des Startwertes TI.0.

20

Um nun die im Steuergerät der Brennkraftmaschine verwendete Charakteristik 1 an das Ist-Einspritzverhalten gemäß Charakteristik 2 anzupassen, wird in einem Adaptionsverfahren die vom betrachteten Einspritzventil abgegebene Kraftstoffmasse K als Funktion der Ansteuerdauer TI bestimmt.

25

Dazu wird eine Schubabschaltungsphase der Brennkraftmaschine ausgenutzt, in der zusätzlich, um externe Bremsmomente auszu-schalten, die Brennkraftmaschine von einem Antriebsstrang des von der Brennkraftmaschine angetriebenen Kraftfahrzeuges durch Öffnen einer Kupplung getrennt wird. In der Schubabschaltungsphase wird die Brennkraftmaschine im wesentlichen ohne Kraftstoff betrieben, wodurch die Drehzahl so lange stark abfällt, bis ein Leerlaufregler eingreift um den Be-

30

35

trieb der Brennkraftmaschine auf Leerlaufdrehzahl zu stabilisieren.

5 Unter „im wesentlichen“ ohne Kraftstoffzufuhr betrieben wird dabei verstanden, dass eine Kraftstoffzufuhr lediglich für das Adaptionsverfahren erfolgt, in diesem Betriebszustand aber eigentlich nicht gewünscht bzw. nicht erforderlich ist.

10 Um die Charakteristik des Einspritzventils zu adaptieren, wird in der Schubabschaltungsphase das Einspritzventil intermittierend gemäß einer Ansteuerdauer angesteuert, d.h. Arbeitsspiele der Brennkraftmaschine, in denen das Einspritzventil für eine bestimmte Ansteuerdauer zum Öffnen angesteuert wird, wechseln mit Arbeitsspielen ab, in denen das Einspritzventil nicht betätigt wird.

Fig. 2 zeigt jeweils in einer Zeitreihe den Verlauf der Drehzahl N der Brennkraftmaschine bzw. einer Umlaufdauer U eines von der Brennkraftmaschine angetriebenen Segmentrades, das drehfest mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine verbunden ist. In der linken Zeitreihe der Fig. 2 ist der Drehzahlverlauf zusammen mit einem Ansteuersignal 4 dargestellt. Der Drehzahlverlauf 3 gibt die zeitliche Entwicklung der Drehzahl der Brennkraftmaschine wieder. Das Ansteuersignal 4 ist das Signal, mit dem ein Einspritzventil während der Schubabschaltung der Brennkraftmaschine angesteuert wird. Das Ansteuersignal 4 setzt sich dabei aus Ansteuerpulsen 5 und dazwischenliegenden Ruhepausen 6 zusammen. Während der Zeitdauer eines Ansteuerpulses 5 wird das Einspritzventil gemäß einer Ansteuerdauer angesteuert. Liegt diese über dem Startwert T_{I0} so öffnet das Einspritzventil, und ein vom Einspritzventil gespeister Zylinder der Brennkraftmaschine führt einen Arbeitstakt aus da Kraftstoff zugeteilt wird. In den Ruhepausen 6 liegende Arbeitstakte des Zylinders erfolgen, ohne dass das Einspritzventil zum Öffnen angesteuert wird. Es handelt sich also um Arbeitstakte, in denen der entsprechende Zylinder abgeschaltet ist.

Das Ansteuersignal 4 stellt also ein binäres Signal dar, das anzeigt, ob das Einspritzventil, dessen Charakteristik angepasst werden soll, überhaupt angesteuert wird. Die Breite der Ansteuerpulse 5 in Fig. 2 gibt nicht die Ansteuerdauer wieder, sondern zeigt lediglich an, ob in einem Arbeitsspiel das Einspritzventil angesteuert wird.

Da sich die Brennkraftmaschine in einer Schubabschaltungsphase befindet, sinkt die Drehzahl N. Dieses Absinken erfolgt jedoch mit variierendem Gradienten, da durch die Ansteuerpulse 5 intermittierend ein Einspritzventil angesteuert wird.

Der Drehzahlverlauf 3 zeigt in Arbeitsspielen, für die ein Ansteuerpuls 5 eingezeichnet ist, d.h. in denen das Einspritzventil öffnet, eine geringere Steigung, als wenn das Ansteuersignal eine Ruhepause 6 aufweist, d.h. das Einspritzventil geschlossen bleibt. Die Abschnitte mit geringerer Steigung sind mit einem „+“ markiert sowie mit dem Bezugszeichen 7 versehen. Die Abschnitte mit einem stärkeren Gradienten, d.h. mit einem schneller abfallenden Drehzahlverlauf tragen ein „-“ und sind mit dem Bezugszeichen 8 bezeichnet.

Die rechte Darstellung der Fig. 2 zeigt neben dem Ansteuersignal 4 einen Durchlaufdauerverlauf, der die zeitliche Entwicklung der Umlaufdauer U des Segmentrades wiedergibt. Die Umlaufdauer U ist zur Drehzahl N invers proportional. In den Abschnitten 7 des Durchlaufdauerverlaufes 9 steigt die Umlaufdauer geringer an, als in den Abschnitten 8, was wiederum durch die Ansteuerung des Einspritzventils bedingt ist, die während den Abschnitten 7 einen Ansteuerpuls 5, während in den Abschnitten 8 eine Ruhepause 6 aufweist.

Die geringere Steigung, des Drehzahlverlaufs 3 in den Phasen 7, in denen das Einspritzventil entsprechend dem Ansteuerpuls 5 mit einer Ansteuerdauer angesteuert wird, rühren daher, dass wegen der Kraftstoffeinspritzung der entsprechende Zy-

linder der Brennkraftmaschine ein Drehmoment abgibt. Dieser Drehmomentenbeitrag hängt von der Ansteuerdauer, mit der das Einspritzventil in den Ansteuerpulsen angesteuert wird, ab und wird in einer ersten Ausführungsform gemäß folgender

5 Gleichung bestimmt:

$$D = (\pi/F) \cdot M \cdot (dN+ - dN-) + dJ,$$

10 wobei F einen von einer Zylinderanzahl abhängigen Faktor, D den Drehmomentwert, M ein Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine, $dN+$ einen Drehzahlgradienten des Arbeitsspiels mit Ansteuerung des Einspritzventils, $dN-$ einen Drehzahlgradienten eines der Arbeitsspiele ohne Ansteuerung des Einspritzventils und dJ ein Faktor für ein durch innere Reibung der
15 Brennkraftmaschine bedingtes Bremsmoment bezeichnet. Der Faktor F hat für eine Vierzylinderbrennkraftmaschine den Wert 30. Der Drehzahlgradient $dN+$ ist durch die Steigung des Drehzahlverlaufs 3 in den Abschnitt 7, der Drehzahlgradient $dN-$ durch die Steigung der Abschnitte 8 des Drehzahlverlaufs 3
20 gegeben.

Der Faktor dJ berücksichtigt ein durch innere Reibung der Brennkraftmaschine bedingtes Bremsmoment. Dies hängt bei abgekoppeltem Antriebsstrang lediglich von der Bauweise bzw.
25 Betriebsparametern der Brennkraftmaschine selbst ab und kann beispielsweise aus einem Kennfeld entnommen werden. Das Bremsmoment ist insbesondere von der Drehzahl abhängig, weshalb in einer alternativen Ausführungsform zwei Werte für das Bremsmoment zur mittleren Drehzahl im Abschnitt 7 bzw. Abschnitt 8, der für die Berechnung des Drehmoments gemäß obiger Gleichung herabgezogen wird, ermittelt und die Differenz
30 gebildet wird, wobei bei der Differenzbildung das Bremsmoment zum Zeitpunkt, zu dem $dN-$ ermittelt wurde, vom Bremsmoment zum Zeitpunkt, zu dem $dN+$ ermittelt wurde, abgezogen wird, um
35 den Faktor dJ zu bestimmen.

Der mit obiger Gleichung errechnete Drehmomentwert D gibt das Drehmoment wieder, das durch die Ansteuerung des Einspritzventils mit der bei für die Anpassung verwendeten Ansteuerdauer erzeugt wurde. Dieses Drehmoment kann auf dem Fachmann bekannte Weise, beispielsweise durch ein Kennfeld, in die gesuchte Kraftstoffmasse K umgesetzt werden.

Die geschilderte Adaption wird nun für verschiedene Ansteuerdauern wiederholt, so dass ein Satz von Wertepaaren erhalten wird, die jeweils aus einem Drehmomentwert und einer Ansteuerdauer bzw. einem Kraftstoffmassenwert und einer Ansteuerdauer bestehen. Fig. 4 zeigt die Auftragung der erhaltenen Wertepaare für ein exemplarisches Einspritzventil. Die Kraftstoffmasse K (in mg) ist über der Ansteuerdauer TI (in ms) aufgetragen. Bei einer Ansteuerdauer von etwas über 0,16 ms wird eine Kraftstoffmasse von 1 mg abgegeben.

Jeder Messpunkt entspricht einer Durchführung des Verfahrens zum Anpassen mit einer bestimmten Ansteuerdauer, wobei das wie oben angegeben berechnete Drehmoment zusätzlich über einen bekannten Zusammenhang in eine Kraftstoffmasse umgerechnet wurde, die das Einspritzventil im Verfahren zur Anpassung abgab. Wie zu sehen ist, fängt das Einspritzventil erst oberhalb einer gewissen Ansteuerdauer an, eine Kraftstoffmasse abzugeben. Diese untere Grenze entspricht dem Startwert TI_0 in Fig. 1. Wie die Darstellung der Fig. 4 weiter zeigt, liegt die Auflösung bei der Anpassung im Bereich von 0,1 bis 0,2 mg.

Die in Fig. 4 dargestellte Kurve 14 kann somit als dem entsprechenden Einspritzventil zugeordnete Charakteristik 1 im Betrieb der Brennkraftmaschine verwendet werden bzw. für eine Korrektur der Charakteristik 1 auf die Kurve 14 hin dienen. Fig. 4 zeigt diesbezüglich einen kleinen Ausschnitt der Charakteristik 2 der Fig. 1 um den Startwert TI_0 herum.

Fig. 3 veranschaulicht eine zweite Ausführungsform des Verfahrens, mit dem eine Anpassung der Einspritzventilcharakteristik erreicht werden kann. Fig. 3 zeigt dabei einen Ausschnitt des Durchlaufdauerverlaufes 9 der rechten Darstellung der Fig. 2. Aufeinanderfolgende Abschnitte 7 und 8 sind in einem Ausschnitt des Durchlaufdauerverlaufes 9 in Fig. 3 dargestellt, wobei jeder Abschnitt einem Arbeitsspiel entspricht. Zusätzlich ist ein Segmentzeitsignal 10 gezeigt, das die Segmentdauern wiedergibt, die der Durchlauf eines Segmentes des Segmentrades dauert, wobei jedes Segment genau einem Zylinder einer Vierzylinderbrennkraftmaschine zugeordnet ist. Auf der Zeitachse, die die Zeit t zeigt, ist zusätzlich mit römischen Zahlen die entsprechende Arbeitsreihenfolge der Zylinder aufgetragen. Die im Beispiel betrachtete Brennkraftmaschine hat also die Arbeitsspielreihenfolge IV, I, II und III. In dieser Reihenfolge durchlaufen die Zylinder der Vierzylinderbrennkraftmaschine innerhalb eines Arbeitsspiels ihre Arbeitstakte.

Im nachfolgend geschilderten Adaptionsverfahren wird die Charakteristik des Einspritzventils des Zylinders I adaptiert.

In drei aufeinanderfolgenden Arbeitsspielen 11 bis 13 wird zuerst in einem ersten Arbeitsspiel 11 das Einspritzventil des Zylinders I gemäß einer Ansteuerdauer angesteuert. Im darauffolgenden zweiten Arbeitsspiel 12 erfolgt keine Ansteuerung des Einspritzventils des Zylinders I, d.h. das Ansteuersignal 4 weist eine Ruhepause 6 auf. Im darauffolgenden dritten Arbeitsspiel 13 weist das Ansteuersignal 4 wieder einen Ansteuerpuls 5 auf, d.h. das Einspritzventil des Zylinders I wird wieder gemäß einer Ansteuerdauer angesteuert, wobei es sich um dieselbe Ansteuerdauer wie im Arbeitsspiel 11 handelt. Durch die Abfolge von erstem Arbeitsspiels 11 bis drittem Arbeitsspiel 13 werden die Abschnitte 7, 8 und wieder 7 des Durchlaufdauerverlaufes 9 bewirkt.

- In Fig. 3 ist für jeden Arbeitstakt der Zylinder I, II und III die dazugehörige Segmentzeit T aufgetragen, wobei zusätzlich zwei arabische Ziffern ab Suffix angefügt sind, von denen die erste Ziffer für die Zylinder Nummer und die zweite Ziffer für das Arbeitsspiel steht (1: erstes Arbeitsspiel, 2: zweites Arbeitsspiel, 3: drittes Arbeitsspiel).

- Aus Fig. 3 ist deutlich zu sehen, dass durch die Ansteuerung des Einspritzventils des ersten Zylinders im ersten Arbeitsspiel bzw. dem dritten Arbeitsspiel T11 bzw. T13 sehr viel kürzer ist als die Segmentzeit T12 im zweiten Arbeitsspiel, in dem das Einspritzventil des Zylinders I nicht angesteuert wird. Die kürzeren Segmentzeiten T11 und T13 entstehen deshalb, da der Zylinder I im ersten Arbeitsspiel 11 und im dritten Arbeitsspiel 13 ein Drehmoment abgibt. Dies hat seine Ursache wiederum darin, dass das Einspritzventil aufgrund der Ansteuerung mit einer Ansteuerdauer eine Kraftstoffmasse in die Brennkammer des Zylinders I einbrachte.
- Das durch diese Einspritzung erzeugte Drehmoment wird nun nach folgender Gleichung berechnet:

$$D = F2 \cdot \pi \cdot M ((Tx3 - Tx2)/(ST-)^3) - (Tx2 - Tx1)/(ST+)^3) + dJ,$$

- wobei F2 einen von der Zylinderzahl abhängigen Faktor (16 bei einer Vierzylinderbrennkraftmaschine), D den Drehmomentwert, M das Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine, dJ einen Faktor für ein durch innere Reibung der Brennkraftmaschine bedingtes Bremsmoment, Tx1 die Segmentzeit für den bestimmten Zylinder im ersten Arbeitsspiel, Tx2 die Segmentzeit für den bestimmten Zylinder im zweiten Arbeitsspiel, Tx3 die Segmentzeit für den Zylinder im dritten Arbeitsspiel, ST- die mittlere Gesamtdauer des Durchlaufs aller Segmente während eines Arbeitsspiels ohne Ansteuerung des Einspritzventils und ST+ die mittlere Gesamtdauer des Durchlaufs aller Segmente während

eines der Arbeitsspiele mit Ansteuerung des Einspritzventils bezeichnet.

- 5 Bezüglich des Trägheitsmomentes der Brennkraftmaschine sowie
des Faktors dJ gilt das oben für die erste Ausführungsform
gesagte. Die Differenz zur Berechnung des Faktors dJ kann da-
bei beispielsweise mit der Gleichung

$$dJ = J(120/ST-) - J(120/ST+)$$

10

- ermittelt werden, wobei von einem Segmentrad mit 120 Teilseg-
menten oder Zähnen ausgegangen wurde, und J das drehzahlab-
hängige Bremsmoment der Brennkraftmaschine bezeichnet. Dieser
Wert ist zur Durchführung der Adaption im Steuergerät der
15 Brennkraftmaschine abgelegt und stammt beispielsweise aus ei-
ner Prüfstandsvermessung.

- Analog zum obigen ersten Ausführungsbeispiel wird aus dem
Drehmomentwert und der zugehörigen Ansteuerdauer ein Werte-
20 paar gebildet. Die Wertepaare für verschiedene Ansteuerdauern
erlauben dann eine Korrektur der Referenz-
Einspritzventilcharakteristik, ggf. nach Umwandlung der Dreh-
momentwerte in Werte für Kraftstoffmassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anpassen einer ein Referenz-Einspritzverhalten wiedergebenden Einspritzventilcharakteristik eines angesteuerten Kraftstoff-Einspritzventils einer Brennkraftmaschine an alterungsbedingte Änderungen oder fertigungsbedingte Streuungen eines Ist-Einspritzverhaltens, wobei
 - a) während eines keine Kraftstoffeinspritzung erfordernden Betriebszustandes der Brennkraftmaschine das Einspritzventil intermittierend gemäß einer Ansteuerdauer angesteuert wird, während ansonsten keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt, so dass mindestens ein Arbeitsspiel mit Ansteuerung mindestens einem Arbeitsspiel ohne Ansteuerung des Einspritzventils folgt oder vorangeht,
 - b) jeweils ein Drehzahl-Wert oder ein Wert einer drehzahlabhängigen Größe der Brennkraftmaschine für das Arbeitsspiel mit Ansteuerung und für mindestens eines der Arbeitsspiele ohne Ansteuerung detektiert wird und
 - c) eine Differenz der detektierten Werte gebildet und damit eine Korrektur der Einspritzventilcharakteristik vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine Differenz der detektierten Werte gebildet und daraus Ableitungen erster und/oder höherer Ordnung berechnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem auf der Grundlage von gemessenen Segmentzeiten Differenzen und daraus Differenzquotienten berechnet werden, aus denen Ableitungen erster und höherer Ordnung abgeleitet werden.
4. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem mit Hilfe signalanalytischer Methoden ein Gesamtverlauf des Drehzahl-Wertes oder des drehzahlabhängigen Wertes über mehrere Arbeitsspiele mit und ohne Ansteuerung ausgewertet wird und Störeinflüsse identifiziert und eliminiert werden.

5. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Ansteuerdauer schrittweise erhöht wird.

6. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem in Schritt c) ein Drehmomentwert für ein Drehmoment berechnet wird, das durch die Ansteuerung des Einspritzventils mit der Ansteuerdauer bewirkt wurde.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Drehmomentwert nach folgender Formel berechnet wird:

$$D = (\pi/F1) \cdot M \cdot (dN+ - dN-) + dJ,$$

wobei F1 einen von einer Zylinderanzahl abhängigen Faktor, D den Drehmomentwert, M ein Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine, dN+ einen Drehzahlgradienten des Arbeitsspiels mit Ansteuerung des Einspritzventils, dN- einen Drehzahlgradienten eines der Arbeitsspiele ohne Ansteuerung des Einspritzventils und dJ einen Faktor für ein durch innere Reibung der Brennkraftmaschine bedingtes Bremsmoment bezeichnet.

8. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, wobei die Schritte a) und b) zur Rauschunterdrückung mit unveränderter Ansteuerdauer mehrfach durchgeführt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 6 bei einer Brennkraftmaschine, die als Mehrzylinder-Brennkraftmaschine ausgebildet ist, bei dem ein von der Brennkraftmaschine angetriebenes Segmentrad abgetastet und ein erstes Arbeitsspiel ohne Ansteuerung des Einspritzventils eines bestimmten Zylinders, danach ein zweites Arbeitsspiel mit Ansteuerung des Einspritzventils des bestimmten Zylinders und dann ein drittes Arbeitsspiel ohne Ansteuerung des Einspritzventils eines bestimmten Zylinders ausgeführt werden, wobei mindestens im ersten, zweiten und dritten Arbeitsspiel für den bestimmten Zylinder eine Segmentzeit bestimmt wird, die der Durchlauf eines Segmentes des

Segmentrades während des Arbeitstaktes des Zylinders dauert, und wobei das Drehmoment nach folgender Gleichung berechnet wird:

$$D = F2 \cdot \pi \cdot M \left((Tx3 - Tx2)/(ST-)^3 \right) - (Tx2 - Tx1)/(ST+)^3 + dJ,$$

wobei $F2$ einen von der Zylinderzahl abhängigen Faktor, D den Drehmomentwert, M ein Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine, dJ einen Faktor für ein durch innere Reibung der Brennkraftmaschine bedingtes Bremsmoment, $Tx1$ die Segmentzeit für den bestimmten Zylinder im ersten Arbeitsspiel, $Tx2$ die Segmentzeit für den bestimmten Zylinder im zweiten Arbeitsspiel, $Tx3$ die Segmentzeit für den Zylinder im dritten Arbeitsspiel, $ST-$ die mittlere Gesamtdauer des Durchlaufs aller Segmente während eines Arbeitsspiels ohne Ansteuerung des Einspritzventils und $ST+$ die mittlere Gesamtdauer des Durchlaufs aller Segmente während eines der Arbeitsspiele mit Ansteuerung des Einspritzventils bezeichnet.

10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 9, bei dem zur Ermittlung des Faktors für das durch die innere Reibung der Brennkraftmaschine bewirkte Bremsmoment eine Differenz zwischen zwei Werten gebildet wird, wobei ein Wert einem der Arbeitsspiele der Brennkraftmaschine ohne Ansteuerung des Einspritzventils und der andere dem Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine mit Ansteuerung des Arbeitsspiels zugeordnet ist.

11. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem aus dem Drehmomentwert ein Kraftstoffmassenwert für eine vom Einspritzventil abgegebene Kraftstoffmasse abgeleitet wird, der Kraftstoffmassenwert der Ansteuerdauer zugeordnet und dann zur Korrektur der Einspritzventilcharakteristik verwendet wird.

FIG 1

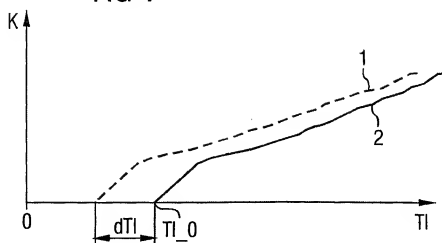


FIG 2

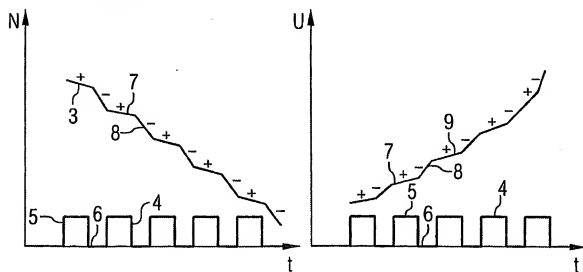


FIG 3

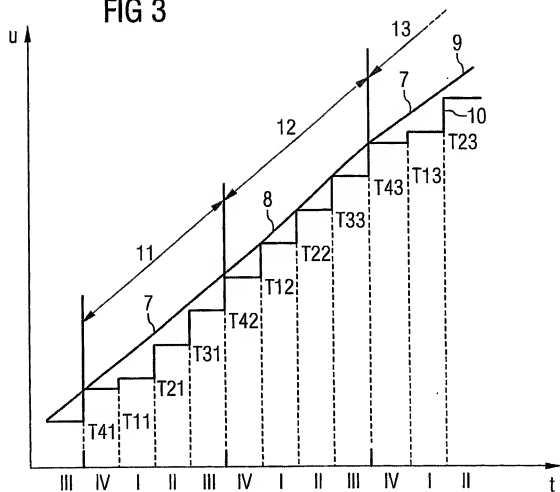
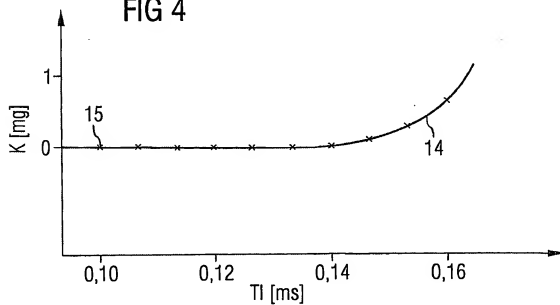


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP 03/13378

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/20 F02D41/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 940 571 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8 September 1999 (1999-09-08) paragraph '0016' - paragraph '0031'	1
A	US 5 070 836 A (EBLEN EWALD ET AL) 10 December 1991 (1991-12-10) column 3, line 25 - column 4, line 11	1
A	US 6 021 754 A (KENDRICK LARRY E) 8 February 2000 (2000-02-08) column 1, line 14 - last line	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"A" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 2004

Date of mailing of the international search report

21/05/2004

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentleer 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 apo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

De Vita, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/13378

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0940571	A	08-09-1999	DE	19809173 A1	09-09-1999
			EP	0940571 A2	08-09-1999
			JP	11294227 A	26-10-1999
US 5070836	A	10-12-1991	DE	3929747 A1	14-03-1991
			DE	59000690 D1	11-02-1993
			EP	0416265 A1	13-03-1991
			JP	3100350 A	25-04-1991
			JP	3236915 B2	10-12-2001
US 6021754	A	08-02-2000	WO	9932778 A1	01-07-1999

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen
PCT/EP 03/13378

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02D41/20 F02D41/24

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikations symbole.)
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen.

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 940 571 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8. September 1999 (1999-09-08) Absatz '0016! - Absatz '0031!	1
A	US 5 070 836 A (EBLEN EWALD ET AL) 10. Dezember 1991 (1991-12-10) Spalte 3, Zeile 25 - Spalte 4, Zeile 11	1
A	US 6 021 754 A (KENDRICK LARRY E) 8. Februar 2000 (2000-02-08) Spalte 1, Zeile 14 - letzte Zeile	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die gegnrt ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung bestritten werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie eingegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nützlich ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12. Mai 2004

21/05/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patenten 2
NL - 2200 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

De Vita, D

INTERNATIONAL RESEARCH REPORT

International Patent Classification

PCT/EP 03/13378

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0940571 A	08-09-1999	DE 19809173 A1	09-09-1999
		EP 0940571 A2	08-09-1999
		JP 11294227 A	26-10-1999
US 5070836 A	10-12-1991	DE 3929747 A1	14-03-1991
		DE 59000690 D1	11-02-1993
		EP 0416265 A1	13-03-1991
		JP 3100350 A	25-04-1991
		JP 3236915 B2	10-12-2001
US 6021754 A	08-02-2000	WO 9932778 A1	01-07-1999